

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**
Факультет информационных технологий
Кафедра параллельных вычислений

ОТЧЕТ

О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

«ИЗУЧЕНИЕ ОПТИМИЗИРУЮЩЕГО КОМПИЛЯТОРА»

студента 2 курса, 23202 группы

Пятанова Михаила Юрьевича

Направление 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Преподаватель:
Кандидат технических наук
Владислав Александрович
Перепёлкин

Новосибирск 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ.....	3
ЗАДАНИЕ	3
ОПИСАНИЕ РАБОТЫ	4
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	6
Приложения 1, 2, 3.	7

ЦЕЛЬ

1. Изучение основных функций оптимизирующего компилятора, и некоторых примеров оптимизирующих преобразований и уровней оптимизации.
2. Получение базовых навыков работы с компилятором GCC.
3. Исследование влияния оптимизационных настроек компилятора GCC на время исполнения программы.

ЗАДАНИЕ

1. Написать программу на языке C или C++, которая реализует выбранный алгоритм из задания.
2. Проверить правильность работы программы на нескольких тестовых наборах входных данных.
3. Выбрать значение параметра N таким, чтобы время работы программы было порядка 30-60 секунд.
4. Программу скомпилировать компилятором GCC с уровнями оптимизации -O0, -O1, -O2, -O3, -Os, -Ofast, -Og под архитектуру процессора x86.
5. Для каждого из семи вариантов компиляции измерить время работы программы при нескольких значениях N.
6. Составить отчет по лабораторной работе.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Для выполнения лабораторной работы были использованы операционная система Ubuntu 24.04.1 LTS и компилятор C/C++ gcc 13.2.0. В ходе выполнения лабораторной работы был выбран первый вариант задания:

Алгоритм вычисления числа Пи с помощью разложения в ряд (ряд Грегори-Лейбница) по формуле Лейбница N первых членов ряда:

$$\pi = 4 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1}$$

Программа, реализующая выбранный алгоритм, была написана на языке программирования C++ (прил. 1). Правильность работы программы была проверена. Алгоритм отработал корректно: уже при $N = 100000$ алгоритм выводит верные первые 6 цифр числа π . Ниже прилагается таблица тестовых данных и вывода программы:

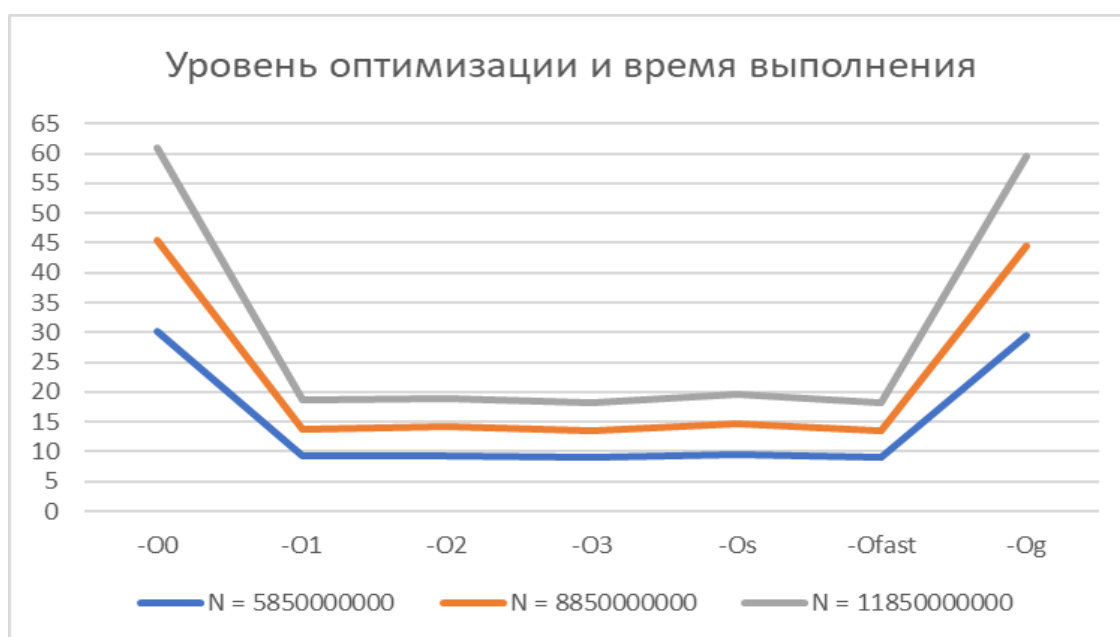
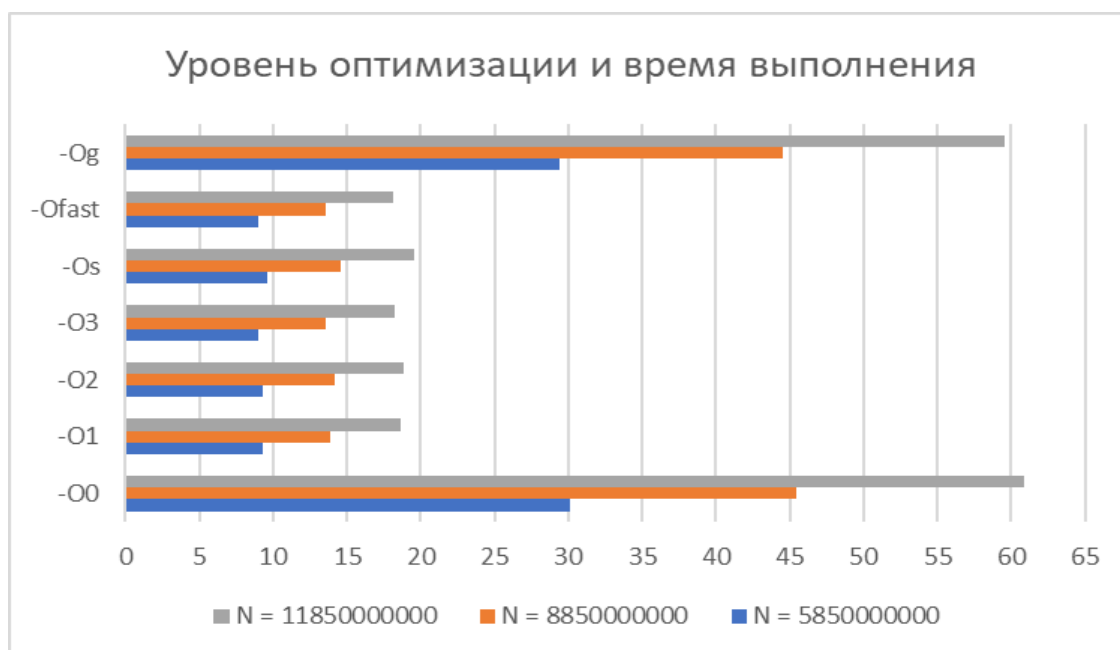
Ввод	Вывод
$N = 10$	$\pi = 3.23232$
$N = 100$	$\pi = 3.15149$
$N = 1000$	$\pi = 3.14259$
$N = 10000$	$\pi = 3.14169$
$N = 100000$	$\pi = 3.14159$

Для подсчета времени, в отличие от предыдущей лабораторной работы, была выбрана библиотечная функция `clock_gettime`, с целью более удобного подбора числа N и возможности автоматизировать процесс измерения времени с разными уровнями оптимизации компилятора GCC. Код на C++ представлен в приложении 1.

Путем перебора (прил. 2) значением параметра N были выбраны числа: 5850000000 (30.3183 с.), 8850000000 (45.7623 с.) и 11850000000 (61.1829 с.). Далее были проведены замеры времени при вышеперечисленных значений N (прил. 3).

	$N = 5850000000$	$N = 8850000000$	$N = 11850000000$
-O0	30,14159	45,4301	60,8807
-O1	9,29056	13,8298	18,649
-O2	9,33421	14,1381	18,8942
-O3	8,9479	13,5598	18,2455
-Os	9,60753	14,5944	19,5144
-Ofast	9,04404	13,5429	18,1228
-Og	29,4121	44,4891	59,5092

Графики на основе полученной таблицы:



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены основные функции оптимизирующего компилятора, и некоторых примеров оптимизирующих преобразований и уровней оптимизации. Получены базовые навыки работы с компилятором GCC.

Исследовано влияние оптимизационных настроек компилятора GCC на время исполнения программы. Результат получился вполне предсказуемым: наибольшее влияние на время работы программы оказали -O3 и -Ofast, которые практически совпадают. Причиной последнего, служит то, что уровень Ofast включает все оптимизации уровня O3, а также ряд других, таких как использование более быстрых и менее точных математических функций.

Приложение 1.

Команды для компиляции:

```
g++ -O0 lab2.cpp -o lab2
g++ -O1 lab2.cpp -o lab2
g++ -O2 lab2.cpp -o lab2
g++ -O3 lab2.cpp -o lab2
g++ -Os lab2.cpp -o lab2
g++ -Ofast lab2.cpp -o lab2
g++ -Og lab2.cpp -o lab2
```

```
#include <iostream>

long double GetSign(unsigned long long n) {
    return n % 2 == 0 ? 1.0 : -1.0;
}

long double GetPiNumberWithNAccuracy(unsigned long long N) {
    long double res = 0;
    for (unsigned long long i = 0; i <= N; i++) {
        res += (GetSign(i) / (2*i + 1));
    }
    return 4 * res;
}

int main() {
    unsigned long long n[3] = {5850000000, 8850000000, 11850000000};
    struct timespec start, end;
    double time = 0;
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        for (unsigned long long i : n) {
            clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC_RAW, &start);
            GetPiNumberWithNAccuracy(i);
            clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC_RAW, &end);
            time = end.tv_sec - start.tv_sec + 0.000000001 * (end.tv_nsec -
start.tv_nsec);
            std::cout << "Time taken: " << time << " with N = " << i << '\n';
        }
    }
    return 0;
}
```

```

#include <iostream>

long double GetSign(unsigned long long n) {
    return n % 2 == 0 ? 1.0 : -1.0;
}

long double GetPiNumberWithNAccuracy(unsigned long long N) {
    long double res = 0;
    for (unsigned long long i = 0; i <= N; i++) {
        res += (GetSign(i) / (2*i + 1));
    }
    return 4 * res;
}

int main() {
    unsigned long long n[3] = {5850000000, 8850000000, 11850000000};
    struct timespec start, end;
    double time = 0;
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        for (unsigned long long i : n) {
            long double result = 0.0;
            clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC_RAW, &start);
            result = GetPiNumberWithNAccuracy(i);
            clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC_RAW, &end);
            time = end.tv_sec - start.tv_sec + 0.000000001 * (end.tv_nsec -
start.tv_nsec);
            std::cout << "Time taken: " << time << " with N = " << i << '\n';
            std::cout << result << '\n';
        }
    }
    return 0;
}

```


Приложение 2.

```
3.14159
Time taken: 30.2579with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 32.8245with N = 6350000000
3.14159
Time taken: 35.3974with N = 6850000000
3.14159
Time taken: 37.9998with N = 7350000000
3.14159
Time taken: 40.5391with N = 7850000000
3.14159
Time taken: 43.1538with N = 8350000000
3.14159
Time taken: 45.7623with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 48.3629with N = 9350000000
3.14159
Time taken: 51.0144with N = 9850000000
3.14159
Time taken: 53.4806with N = 10350000000
3.14159
Time taken: 56.0582with N = 10850000000
3.14159
Time taken: 58.6374with N = 11350000000
3.14159
Time taken: 61.1829with N = 11850000000
[1] + Done                                "/usr/bin/gdb" --i
.pam"
mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$
```

Приложение 3.

```
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O0 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 30.1337 with N = 5850000000
Time taken: 45.5458 with N = 8850000000
Time taken: 60.7825 with N = 11850000000
Time taken: 29.9374 with N = 5850000000
Time taken: 45.775 with N = 8850000000
Time taken: 60.9866 with N = 11850000000
Time taken: 29.8607 with N = 5850000000
Time taken: 45.6204 with N = 8850000000
Time taken: 60.9732 with N = 11850000000
```

```
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O1 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 8.02461 with N = 5850000000
Time taken: 12.0749 with N = 8850000000
Time taken: 16.2942 with N = 11850000000
Time taken: 8.07437 with N = 5850000000
Time taken: 12.2107 with N = 8850000000
Time taken: 16.4167 with N = 11850000000
Time taken: 8.08019 with N = 5850000000
Time taken: 12.1129 with N = 8850000000
Time taken: 16.2678 with N = 11850000000
```

```
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O2 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 7.89778 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.9778 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.9125 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 7.84344 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.8807 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.9847 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 7.90377 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.939 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.9411 with N = 11850000000
3.14159
```

```
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O3 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 8.92693 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.466 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.1963 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.9446 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.518 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0753 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.95496 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.4368 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0869 with N = 11850000000
3.14159
```

```
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -Os lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 9.69557 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 14.7047 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 19.5441 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 9.67657 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 14.6068 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 19.5426 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 9.63669 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 14.5828 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 19.6006 with N = 11850000000
3.14159
○ mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$
```



```

● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -Ofast lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 9.09937 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.6598 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.2385 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 9.03177 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.6477 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.2678 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 9.04898 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.645 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.3217 with N = 11850000000
3.14159

```

```

● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -Og lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 29.6785 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 44.6178 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 59.7938 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 29.5613 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 44.6903 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 59.7808 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 29.5015 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 44.641 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 59.7632 with N = 11850000000
3.14159

```

```

● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O2 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 7.79649 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.7922 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.7977 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 7.82807 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.793 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.752 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 7.76715 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 11.8164 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 15.7213 with N = 11850000000
3.14159

```

```

● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -O3 lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 8.9646 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.6031 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.146 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.87047 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.462 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0221 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.91005 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.49 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0453 with N = 11850000000
3.14159

```

```

● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ g++ -Ofast lab2.cpp -o lab2
● mikhail@mikhail-VirtualBox:~/Desktop/evm$ ./lab2
Time taken: 8.97085 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.4402 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0663 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.89617 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.4945 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0288 with N = 11850000000
3.14159
Time taken: 8.92781 with N = 5850000000
3.14159
Time taken: 13.4767 with N = 8850000000
3.14159
Time taken: 18.0297 with N = 11850000000
3.14159

```